

УДК 681.51

**АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТОДА «АДРЕСАЦИИ»
В КОМПАКТНОЙ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****Б.Н. СУХИНЕНКО***(Витебский государственный технологический университет)*

Рассмотрена актуальность метода «адресации» в компактной САПР технологических процессов, исходя из основных положений общей теории систем, при постановке задачи на разработку САПР. Показана необходимость определения и описания связи этой системы с окружающей средой. Следует заметить, что адекватная модель в любом случае должна содержать всю необходимую информацию, достаточную для реализации технологического процесса, обеспечивающего выпуск заданного количества продукции требуемого качества с наименьшими затратами труда. Учитывая неблагоприятное состояние формализации технологии и насущную необходимость создания и применения работоспособных САПР технологических процессов механической обработки, возникает задача разработки и/или выбора такой концепции (а следовательно и системы) автоматизированного проектирования, которая позволит создавать модели технологических процессов, достаточно адекватных реальным условиям конкретного производства. Приведенный концептуальный анализ показывает, что большинство предлагаемых САПР организовано на основе метода текстового формирования и автоматизирует документооборот в сфере технологического проектирования.

Введение. Существующее в настоящее время большое количество предлагаемых САПР технологических процессов предопределяет необходимость оценки их возможностей, проблем адаптации к конкретным условиям, сложности в освоении и преимуществ внедрения. С этой точки зрения следует вначале установить характер и адекватность производимой продукции (проект технологического процесса), а также определить принципы внутренней организации системы проектирования.

Так, известное определение САПР технологических процессов как системы, связанной с иными подразделениями предприятия, подразумевает обязательное согласование форматов информации ее выхода и необходимых исходных данных. С другой стороны, эта система, выполняющая автоматизированное проектирование, должна быть основана на принципах, соответствующих законам технологии машиностроения. При внешней очевидности указанных требований их реальное обеспечение сопряжено с преодолением существенных проблем.

Исходя из основных положений общей теории систем, при постановке задачи на разработку САПР необходимо прежде всего определить и описать связи этой системы с окружающей средой. В частном случае обязательным требованием является формат результата деятельности технологической САПР, а именно параметры модели спроектированного технологического процесса. В различных условиях производства и для конкретных предприятий требования к этим параметрам варьируются в значительных пределах. Так, например, в условиях индивидуального производства единственным технологическим документом зачастую оказывается эскиз детали с весьма приблизительной оценкой трудоемкости ее изготовления. С другой стороны, в условиях применения станков с ЧПУ, для реализации проекта технологического процесса, кроме маршрутных и операционных карт, необходимо дополнительно разработать карты наладки, управляющие программы и т.п. Также следует отметить и существенное влияние традиций конкретного предприятия на формат технологической документации, оформление которой часто выполняется в соответствии с внутренними нормативами.

Несмотря на указанные различия в требованиях потребителей (цехов и участков), следует заметить, что адекватная модель в любом случае должна содержать всю необходимую информацию, достаточную для реализации технологического процесса, обеспечивающего выпуск заданного количества продукции требуемого качества с наименьшими затратами труда. Возможно, в конкретных условиях некоторые фрагменты проектной информации могут быть и не указаны в технологических документах, но они обязательно должны быть разработаны в ходе технологического проектирования.

Соответственно, исходные данные также должны содержать всю необходимую для технологического проектирования информацию. Следует особо подчеркнуть непротиворечивость исходной информации, так как в ином случае автоматическое проектирование в принципе невозможно, а диалог становится слабоуправляемым и требует высокой квалификации технолога-оператора. Разумеется, продукт САПР (модель технологического процесса) также должен быть непротиворечив.

Отсюда следует необходимость предварительного формального описания исходной и выходной информации САПР технологических процессов, основанного на законах каузативной логики и общепринятых нормативных требований (ГОСТ, ОСТ и т.п.) [1].

В свою очередь внутреннее строение системы автоматизированного проектирования должно опираться на формализованные методы, разработанные в технологии машиностроения. Однако и здесь разработчики сталкиваются с недостатком работоспособных методик. На теоретическом уровне представляется возможным считать каждую, традиционно решаемую задачу проектирования достаточно формализованной, однако узкие специалисты часто не в состоянии изложить методику своего поведения при решении обычной для них задачи. Существующие разработки в области теории проектирования технологических процессов либо имеют частный характер, либо представляют собой модели, имеющие только концептуальное соответствие реальным процессам. В качестве примеров достаточно привести ряд определений технологии машиностроения, синтез маршрута обработки и, наконец, расчеты припусков и режимов резания.

Так, определение операции ссылается на понятие «рабочее место», определение которого в свою очередь основано на понятии «операция» [2]. Лингвистическое тождество, возникающее в результате совместного анализа указанных определений, не позволяет использовать их в качестве основы формализации автоматизированного проектирования. Синтез маршрута обработки в настоящее время является наименее формализованным этапом технологического проектирования. Связано это с влиянием большого количества неформатированных факторов на конфигурацию процесса. Причем не более трети из них связаны с процессом механической обработки непосредственно, остальные имеют отношение в основном к распределению объекта производства и операций совокупного технологического процесса по элементам производственной системы. В свою очередь известно, что общепринятые методы расчета припусков в размерном анализе технологических процессов опираются на схемы базирования и справочные данные о точности обработки. Однако реальные возможности конкретных производственных комплексов и погрешности установок в действительности не соответствуют справочной информации. Не менее проблематичным является и использование рекомендованных режимов резания для достижения заданной точности. Например, анализ справочных данных из различных источников показывает более чем двукратное отличие подач при сверлении, рекомендованных для достижения одинаковой точности отверстий [3, 4].

Постановка задачи

Учитывая неблагоприятное состояние формализации технологии и насущную необходимость создания и применения работоспособных САПР технологических процессов механической обработки, возникает задача разработки и/или выбора такой концепции (а следовательно и системы) автоматизированного проектирования, которая позволит создавать модели технологических процессов, достаточно адекватных реальным условиям конкретного производства. Разумеется, непременным условием эффективной эксплуатации такой системы является высокий уровень ее автоматизации.

Уровень адекватности модели технологического процесса при стабильной работе предприятия определяется скорее всего экономическими критериями, так как получение требуемой точности и обеспечение количественных параметров выпуска продукции являются непременными условиями эффективной реализации такой модели. С этой точки зрения директивные параметры модели технологического процесса (например, режимы резания) должны быть заданы из условия максимальной производительности в соответствии с возможностями производственного комплекса. Таким образом, избыточность модели сводится к минимуму, а, следовательно, ее реализация приобретает свойство компактности.

Стремление к высокому уровню автоматизации процесса проектирования не может быть самодостаточным и также подчиняется требованию повышения эффективности всего производственного комплекса. В этом аспекте следует обратить внимание на требуемый уровень технической и компьютерной подготовки технолога-оператора и его роль в процессе проектирования. Необходимо отметить, что диалоговый режим проектирования допустим лишь при условии высокой квалификации технолога, так как результат реализации проекта (качество продукции) в этом случае непосредственно связан с его профессиональным уровнем. Следовательно, для достижения высокой эффективности САПР технологических процессов (как составляющей эффективности всего производства) ее концепция должна быть основана на принципе компактности. То есть необходимо до такой степени минимизировать диалог при проектировании технологического процесса, чтобы его использование не приводило к существенному влиянию субъективного фактора на эффективность производства. С другой стороны, допустимый диалог при проектировании должен обеспечить значительное упрощение программного продукта для снижения его стоимости.

В свою очередь программная основа САПР должна быть достаточно универсальной для ее применения на различных предприятиях. Это расширит возможности ее внедрения и позволит оперативно адаптировать результаты проектирования к изменяющимся условиям работы предприятия.

Таким образом, условия задачи подразумевают структуру программного комплекса, состоящую из универсального инварианта и одного или нескольких переменных адаптеров. Очевидно, что инвариант должен быть основан на неизменных постулатах, а адаптеры ориентированы на обеспечение эффективного использования инварианта для решения конкретных проектных задач. В общем виде такая система

представлена на рисунке 1. Процессор компактной системы проектирования преобразует входную информацию на основе некоторых неизменных принципов и в этом смысле представляет собой инвариант программного продукта. Процесс преобразования осуществляется путем сравнительного анализа исходных и справочных данных, причем последние в этом случае являются адаптером и соответствуют конкретным условиям. Разумеется, для адекватного преобразования исходных данных они должны быть транслированы на язык процессора (инварианта). С этой точки зрения препроцессор обеспечивает адаптацию входной информации. Аналогично постпроцессор транслирует результат проектирования на язык потребителя (управляющие программы для станков с ЧПУ и/или технологическую документацию при традиционной организации производства и архива). Из вышесказанного видно, что наиболее универсальной является программная система, в которой предусмотрена возможность актуального изменения принципов проектирования. Однако в реальных системах принципы проектирования обычно заложены в структуру самого программного продукта.

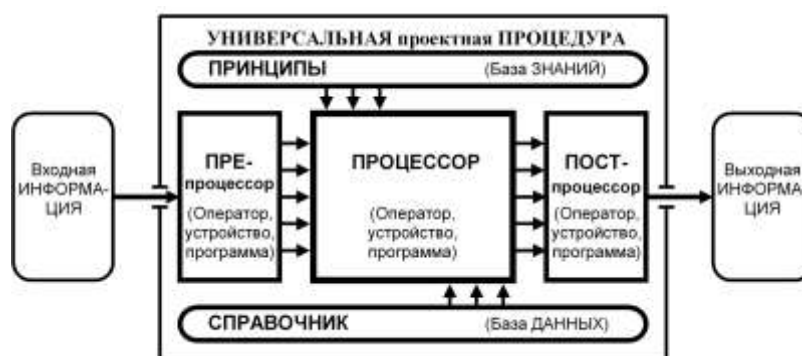


Рис. 1. Структура универсальной проектной процедуры

Предлагаемая структура системы предполагает основополагающим методом проектирования поиск в «каталогах» существующих технологических элементов, соответствующих исходным данным, и синтез их взаимосвязей для решения конкретной задачи.

С другой стороны, анализ технологии машиностроения показывает, что в качестве неизменных принципов проектирования может быть выбран весьма ограниченный набор постулатов, некоторое расширение которого возможно за счет применения формальной логики при оценке специфических знаний, накопленных в этой области. В первую очередь это относится к формальному представлению технологического процесса как пересечения трех непрерывных потоков (рис. 2).

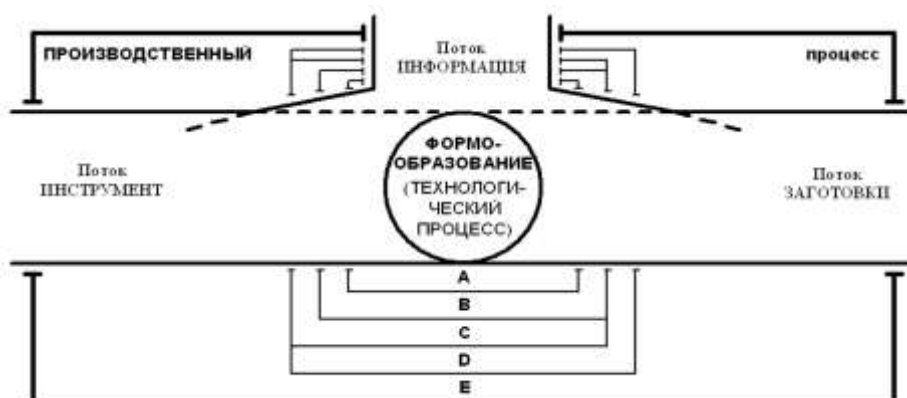


Рис. 2. Модель производственного процесса:

А – для универсального станка с ручным управлением; В – для станка с ЧПУ;
С – для станка типа «обрабатывающий центр»; D – для технологического модуля; Е – для участка

При таком представлении в пересечении потоков информации, инструментов и заготовок возникает процесс формообразования, который идентичен технологическому процессу, т.е. представляет собой процесс качественного преобразования заготовки в деталь. Видно, что все движения внутри потоков, происходящие вне области формообразования, являются вспомогательными и обеспечивающими. Пред-

лагаемый подход позволяет, прежде всего, обоснованно разграничить область технологического проектирования и сферу управления производственным процессом. Кроме того, могут быть существенно сужены задачи отдельных процедур проектирования, что позволяет формально ограничить форматы и диапазоны данных обмена между процедурами проектирования. Однако и в этом случае универсальная структура проектирования технологического процесса остается достаточно сложной, имеющей большое количество обратных связей (рис. 3) [5]. Тем не менее работоспособная САПР должна тем или иным способом выполнить все указанные процедуры, иначе спроектированная модель технологического процесса не будет соответствовать поставленной задаче.

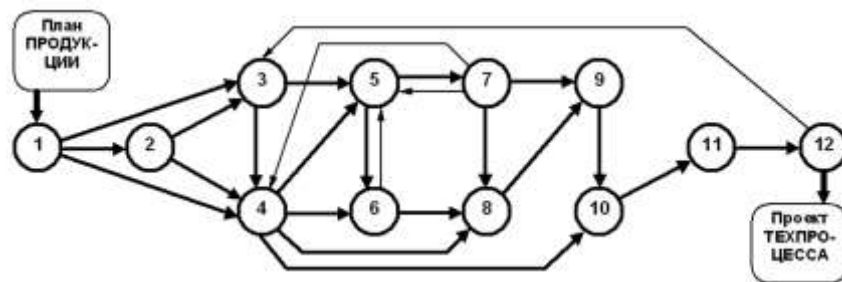


Рис. 3. Упрощенная структура проектирования технологического процесса:

- 1 – размерный анализ чертежа детали; 2 – определение типа производства;
- 3 – выбор методов получения заготовки; 4 – выбор методов обработки; 5 – синтез схем базирования;
- 6 – синтез маршрута обработки; 7 – синтез структур операций; 8 – размерный анализ технологического процесса;
- 9 – выбор оборудования и оснастки; 10 – выбор инструментов и расчет режимов резания;
- 11 – расчет норм времени; 12 – расчет технологической себестоимости

Определение методов и средств выполнения проектных процедур является не только основной задачей разработчика САПР, но и накладывает определенные ограничения на сферу ее применения. С этой точки зрения потребителю необходимо тщательно оценивать эффективность внедрения предлагаемых САПР на своем предприятии.

Методы решения

Возможности различных технологических САПР удобно оценивать при сравнении методов автоматизации и средств, которые необходимы для их эффективного применения. Традиционно САПР технологических процессов классифицируют по принципу действия и участию технологов в процессе проектирования [6]:

1. САПР формирования (подавляющее большинство предлагаемых пакетов составляют примерно 70 % рынка) – поиск необходимых технологических терминов и фраз в специальных словарях и их перенос в проект конкретного технологического процесса. Система позволяет автоматизировать процесс формирования технологической документации при помощи специальных текстовых редакторов:

- основная работа технолога (синтез модели технологического процесса) не автоматизирована;
- система легко адаптируется к различным производственным условиям в одной отрасли промышленности.

2. САПР «адресации» (наиболее автоматизированные системы составляют примерно 30 % рынка) – поиск и выделение из интегральной модели технологического процесса инструментальных переходов и их сочетаний, обеспечивающих выполнение технических требований, предъявляемых к конкретной поверхности детали определенного типа. Система позволяет автоматизировать процесс формирования проекта конкретного технологического процесса путем анализа комплексной модели:

- возможно использование для узкого спектра типовых деталей, описанных в моделях комплексной детали и технологического процесса;
- необходимость адаптации информационных баз для различных производств и при любых изменениях моделей комплексной детали или технологического процесса;
- процесс разработки модели технологического процесса полностью автоматизирован.

3. САПР синтеза (создание таких систем в настоящее время не представляется возможным) – разработка модели технологического процесса изготовления любых деталей в любых производственных условиях на основе общих методов и законов технологии машиностроения:

- низкий уровень формализации законов технологии машиностроения не позволяет создать работоспособную САПР синтеза;
- высокая универсальность обеспечит применение системы без специальной адаптации в любых условиях;
- наиболее высокий уровень адекватности модели относительно реального технологического процесса.

4. САПР комбинированные (не предлагаются на рынке программных продуктов и применяются исключительно на предприятиях-разработчиках) – рационально сочетают методы предыдущих систем для решения различных задач в общем комплексе моделирования технологического процесса:

- наиболее универсальная, автоматизированная и адекватная система в современных условиях;
- синтез применяется при решении формализованных задач проектирования;
- структура технологического процесса формируется методами «адресации»;
- доделочные операции назначаются при помощи методов формирования [7].

Приведенный концептуальный анализ показывает, что большинство предлагаемых САПР организовано на основе метода текстового формирования и автоматизирует документооборот в сфере технологического проектирования. Не умаляя важности этого аспекта, следует, тем не менее, отметить, что такие системы не только не исключают из процесса проектирования профессиональных технологов, но и повышают уровень требований к их квалификации. Экономия времени при проектировании в этом случае достигается исключительно за счет сокращения затрат на оформление документов и др.

Не останавливаясь подробно на САПР, организованных по методу синтеза решений на основе общих законов технологии машиностроения, потребителю следует внимательно относиться к САПР «адресации». Смысл «адресации» в контексте САПР технологического процесса представляет собой действие, связанное с поиском необходимых переходов в комплексном технологическом процессе по принципу полного соответствия условий и требований, предъявляемых к отдельным поверхностям и детали в целом. Все преимущества и недостатки таких систем проектирования связаны с применением жесткой структуры комплексного технологического процесса, соответствующего узкому спектру ассортимента деталей одного типа. В качестве примера такой системы может быть рассмотрена САПР технологических процессов «КРАВ», разработанная сотрудниками ВГТУ по заказу Оршанского станкостроительного завода «Красный Борец» (рис. 4). Необходимо отметить, что система открыта для использования в локальной сети предприятия.

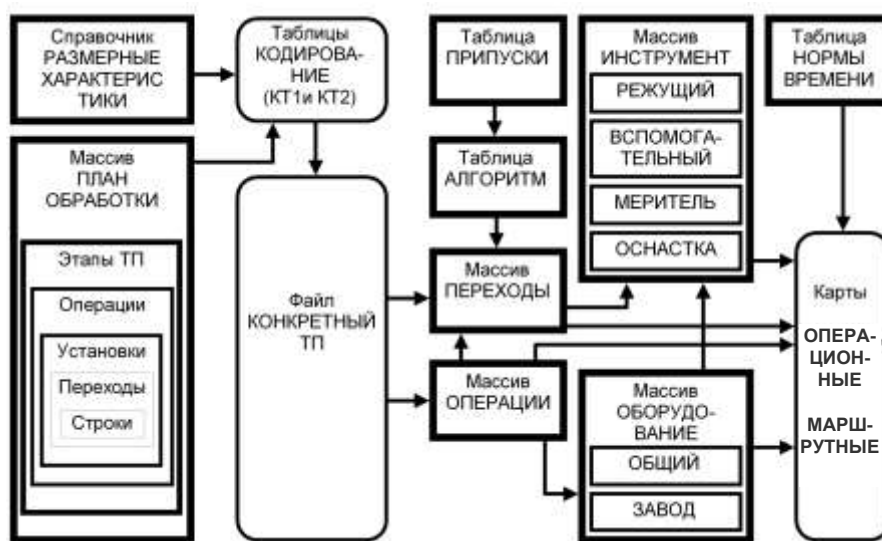


Рис. 4. Типовая структура компактной САПР, организованной по методу «адресации»

В состав баз данных по рисунку 4 входят:

- 1) справочник «РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ» – таблицы габаритных размеров для каждого вида поверхностей комплексной детали;
- 2) таблицы «КОДИРОВАНИЕ» – таблицы для ввода исходной информации о конкретной детали, подлежащей изготовлению;
- 3) массив «ПЛАН ОБРАБОТКИ» – модель комплексного технологического процесса изготовления деталей одного типа (вал, втулка, планка и т.п.);
- 4) массив «ПЕРЕХОДЫ» – таблицы наименований и размерных параметров переходов вместе с формулами и ссылками для расчета необходимой точности и припусков;
- 5) массив «ОПЕРАЦИИ» – таблицы условных кодов и наименований соответствующих операций;
- 6) массив «АЛГОРИТМЫ» – уравнения необходимых расчетов операционных размеров и припусков;

- 7) таблица «ПРИПУСКИ» – величины припусков для различных методов обработки;
- 8) таблица «НОРМЫ ВРЕМЕНИ» – величины основного, вспомогательного, подготовительного и т.п. времени в зависимости от вида обработки и параметров детали;
- 9) массивы «ОБОРУДОВАНИЕ» и «ИНСТРУМЕНТ» – наименования станков и инструментов, а также условия их выбора.

Как видно, информационные базы адаптированы к требованиям предприятия-потребителя, а корневой сегмент программы САПР «адресации» представляет собой универсальный инвариант. Такая организация САПР позволяет при соответствующем наполнении баз данных внедрить такую систему на большинстве машиностроительных предприятий.

Техническая концепция «адресации» основана на том, что любая произвольная деталь представляет собой материал, ограниченный рядом подобных поверхностей. Разнообразие таких поверхностей достаточно невелико, а следовательно, возможно создание конечного «алфавита» поверхностей, сочетание которых обеспечит синтез деталей с произвольной сложностью формы. Синтезированные таким методом детали представляют собой некоторый набор поверхностей, имеющих необходимые габариты и взаимосвязанных между собой. Для конкретных условий производства очевидным становится и соответствующий набор экономически эффективных методов формообразования этих поверхностей. Однако очевидность такого соответствия весьма умозрительна, так как не учитывает интегральный и вариабельный характер влияния формы, габаритов, требуемой точности и материалов поверхностей на выбор методов механической обработки. С этой точки зрения важным становится вопрос классификации поверхностей адекватной задаче автоматизации технологического проектирования.

Оценку классификации удобно осуществлять на основе анализа принятого принципа описания поверхностей в виде элементарных геометрических поверхностей, конструктивных элементов детали или технологически ориентированных поверхностей. Каждому принципу классификации поверхностей с точки зрения их получения и применения присущи определенные недостатки:

- при формообразовании элементарных поверхностей возникают дополнительные поверхности, вид и характер которых зависит от кинематики формообразующих движений и особенностей режущей части инструментов. Обычно единичная элементарная поверхность обеспечивает выполнение служебного назначения только в сочетании с другими элементарными поверхностями;
- использование принципа конструктивных элементов не гарантирует однозначного выбора технологических методов для их формообразования. Все известные конструкторские классификаторы деталей не связаны с технологией их изготовления;
- проблемы применения технологически ориентированных поверхностей для классификации исходной графической информации связаны с низкой универсальностью, сложностью кода, необходимостью предварительного технологического анализа конструкции. Тем не менее именно этот принцип в настоящее время находит все более широкое применение.

Существующие многочисленные попытки преодоления указанных недостатков путем разработки так называемых «функциональных модулей», предпринимаемые рядом исследователей, в том числе и

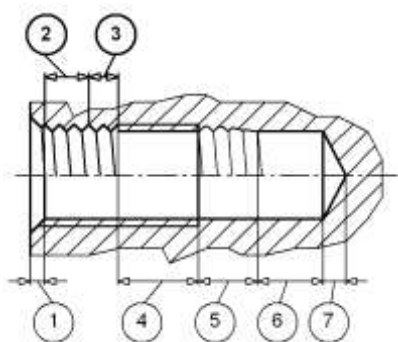


Рис. 5. Функциональный модуль – резьбовое отверстие:

- 1 – фаска для ориентации метчика и сборки;
- 2 – функциональная зона (3 витка резьбы);
- 3 – зона гарантии (2 витка резьбы);
- 4 – зона свободной резьбы;
- 5 – зона сбега резьбы;
- 6 – зона заборного конуса метчика;
- 7 – зона копирования режущей части сверла

автором [8], не обеспечивают преимуществ перед уже известными принципами классификации. Так, в идеальном случае этот метод призван обеспечить синтез конструкторской модели детали (а впоследствии и технологического процесса) путем создания иерархической структуры восходящего описания графической информации от элементарной поверхности до детали включительно. Причем согласно определению функциональный модуль представляет собой одну или несколько поверхностей, выполняющих одно и то же служебное назначение. Отсюда очевиден высокий уровень абстракции такой классификации, так как до 70 % поверхностей реальных деталей являются «следом» технологических методов и, следовательно, не являются элементами функциональных модулей (рис. 5). Кроме того, анализ структуры деталей показал, что 4-х уровней иерархии достаточно для описания всех возможных функциональных модулей от элементарной поверхности до конструкции детали любой сложности. Разумеется, разработка на этой основе иерархического каталога совершенно не рациональна, так как приводит к необозримо широкому спектру функциональных модулей уже на 3-м уровне.

На этом фоне вполне объяснимо стремление разработчиков, пользователей и потребителей САПР использовать «прозрачную» классификацию поверхностей деталей, ориентированную на традиционные методы формообразования. Такая классификация, далекая от идеала и требующая определенной профессиональной подготовки технолога-оператора, тем не менее, позволяет реализовать метод «адресации» в работоспособной САПР. Технологической основой такой САПР является план обработки комплексной детали определенного типа. Здесь следует предостеречь от смешения понятий «типовой» и «комплексный» технологический процесс, а также понятий «типовая» и «комплексная» деталь. Так, по определению типовой называется реальная деталь, ограниченная поверхностями, наиболее часто встречающимися у большинства деталей выбранного типа. Иными словами, типовая деталь не содержит полного набора поверхностей, необходимых для формирования облика у всех деталей этого типа. Напротив, интегральная комплексная деталь содержит все поверхности, потребность в которых может возникнуть при изготовлении любой детали выбранного типа. Аналогично, идеальный комплексный технологический процесс содержит все возможные и необходимые для изготовления указанных поверхностей планы обработки.

Функции препроцессора при компактной организации САПР выполняет технолог-оператор, который осуществляет ввод исходных данных о детали в виде графической и/или знаковой информации. В частном случае программной системы «KRAB» для этого предназначены специальные таблицы «КОДИРОВАНИЕ 1» и «КОДИРОВАНИЕ 2». Первая из них предназначена для ввода общей информации для всей детали. Например, список исполнителей, параметры заготовки, место изготовления и т.п. Вторая таблица заполняется техническими требованиями, предъявляемыми к каждой конкретной поверхности. После ввода исходных данных дальнейшая работа САПР «KRAB» выполняется в пакетном режиме путем сравнительного анализа этой информации и параметров, заложенных в таблице «ПЛАН ОБРАБОТКИ».

Структурно информационная база «ПЛАН ОБРАБОТКИ» представляет собой интегральный технологический процесс для всей номенклатуры деталей одного типа, разбитый на этапы, операции, установочные, переходы и строки. Последний элемент описания отражает особенности конкретного инструментального перехода для различных параметров детали и/или его выполнение в различных уникальных условиях предприятия. Остальные элементы иерархической структуры вполне соответствуют принятой в технологии машиностроения терминологии. В общем случае каждый элемент комплексного технологического процесса может быть и не принят для реализации в конкретном технологическом процессе, однако ряд структурных элементов обычно принимается безусловно, например, заготовительный этап и малярная операция.

Как элемент СУБД в состав базы «ПЛАН ОБРАБОТКИ» введено несколько групп полей, определяющих условия принятия текущей строки в состав конкретно технологического процесса. Информационная группа содержит номер строки, коды содержания переходов и операций. Условная группа обеспечивает выбор строки (инструментального перехода) при соответствии информации в таблицах «КОДИРОВАНИЕ» и параметров настоящего массива. Эта группа полей содержит: код, расположение и количество поверхностей, максимально допустимую величину припуска, наименование и алгоритм сравнения параметров детали или поверхности, по которым существуют ограничения выбора, особые технические требования. Организационная группа ограничивает включение строки в файл «КОНКРЕТНЫЙ ТП» при наличии или отсутствии особых структурных взаимосвязей инструментальных переходов комплексного технологического процесса. Эта группа полей содержит список связанных строк (инструментальных переходов) и условий указанных взаимосвязей. Ссылочная группа содержит коды поиска дополнительных данных в случае выбора текущей строки (поиск приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, норм времени).

В корневом сегменте программы «KRAB» реализовано последовательное сравнение условий выбора всех строк базы «ПЛАН ОБРАБОТКИ» с параметрами всех строк таблицы «КОДИРОВАНИЕ 2». При осуществлении операции «Формирование ТП» в первую очередь формируется файл «КОНКРЕТНЫЙ ТП» по следующим правилам:

- если в условной части базы содержится не «0» информация, то эта строка сравнивается с параметрами таблиц «КОДИРОВАНИЕ». Если все условия выполняются, то строка переносится в файл «КОНКРЕТНЫЙ ТП»;

- если в условной части массива содержится «0» информация, то эта строка переносится в файл «КОНКРЕТНЫЙ ТП» без сравнения условий с таблицами «КОДИРОВАНИЕ»;

- если в файле «КОНКРЕТНЫЙ ТП» между безусловными вспомогательными переходами «Установить» и «Переустановить» или «Переустановить» и «Снять» не содержатся существенные инструментальные переходы, то эта установка и/или операция исключаются;

- после окончания просмотра и трансляции кодов в текстовую форму, выбора оборудования и инструментов в файле «КОНКРЕТНЫЙ ТП» сохраняются только существенные операции.

Полученный результат преобразуется в вид, удобный потребителю (маршрутные, операционные карты) в автоматическом постпроцессоре, обеспечивающем формирование текстовой части технологических документов.

К достоинствам компактной САПР, организованных по методу «адресации», следует отнести:

- автоматический режим проектирования технологического процесса;
- толерантность к низкой квалификации операторов;
- высокую скорость проектирования;
- формирование всех аспектов проекта технологического процесса по требованиям ГОСТ (допустимо их изменение в соответствии с требованиями конкретного производства);
- возможность адаптации к различным производствам (в том числе и не машиностроительного профиля).

С другой стороны, к недостаткам САПР, основанных на методе «адресации», традиционно относят:

- низкую универсальность баз данных, что очевидно для элементов-адаптеров;
- большой объем и сложность условий выбора переходов, необходимых для корректного выбора рационального маршрута обработки;
- относительную трудоемкость ввода исходной информации, если программная система работает вне связи с конструкторской САПР;
- некорректный расчет операционных размеров, припусков и режимов резания. Эти проблемы возникают и при традиционном проектировании технологических процессов;
- трудоемкость процесса изменения баз данных, если не используется программная система администрирования технологических информационных баз;
- высокую квалификацию ведущего технолога, необходимую для создания комплексного технологического процесса, адекватного реальным условиям конкретного производства.

Преодоление указанных недостатков возможно путем преобразования САПР «адресации» в комбинированную САПР технологических процессов. Комбинированная САПР «MONOLIT» в аспекте формирования маршрута обработки также использует принцип «адресации». Однако специализированный язык и встроенные функции позволяют создавать в рамках системы комплексные технологические процессы, практически неограниченной сложности, вне зависимости от типа детали и масштаба выпуска. Кроме того, в такой САПР возможно применение формализованных методов расчета операционных размеров. Для корректного расчета припусков необходимы справочные данные об их минимальных величинах и указание базовых поверхностей. Процедура расчета выполняется после окончательного формирования файла «КОНКРЕТНЫЙ ТП». Преимущества комбинированных САПР технологических процессов по сравнению с САПР «адресации» состоят в следующем:

- простая форма файла с содержанием комплексного технологического процесса в области условий выбора переходов;
- упрощенный метод адаптации баз для различных условий производства;
- возможность применения для каждого перехода практически неограниченного спектра сложных условий выбора;
- корректный расчет межоперационных размеров, допусков и припусков.

Выводы

К сожалению, современное состояние технологии машиностроения не позволяет создать универсальную САПР, организованную на основе синтеза технологических решений по формализованным законам. С другой стороны, САПР, организованные на основе принципа формирования текстовой части технологической документации в диалоговом режиме, не являются, строго говоря, автоматизированными в полном смысле этого слова. Отсюда следует однозначный выбор высокоавтоматизированных систем, использующих принцип «адресации» для формирования конкретного технологического процесса. В свою очередь целый ряд предлагаемых САПР формирования широко используют графические редакторы и системы автоматического создания управляющих программ для станков с ЧПУ. Применение результатов таких перспективных разработок в САПР «адресации» позволяют создать высокоэффективные комбинированные САПР технологических процессов.

Применение принципа компактности с использованием информационных баз в качестве адаптеров программной системы упрощает внедрение такой САПР на конкретном предприятии любой отрасли

промышленности. В свою очередь определенные корректные результаты современных исследований в технологии машиностроения также могут быть использованы в качестве основы ряда локальных процедур САПР «адресации», что позволит существенно повысить уровень адекватности ее продукции. Разумеется, успешное решение этих задач зависит от степени более строгого (относительно существующих требований ГОСТ и других нормативных материалов) математического описания традиционных проектных процедур. С этой точки зрения следует отметить основополагающие закономерности в области разработки и расчета погрешности схем базирования. Известные нормативные рекомендации в этой области были основаны на опыте и методах формализации полувековой давности, что не позволяет, тем не менее, отказаться от использования этого эффективного метода разработки технологического процесса. Здесь, в частности, предлагается несложное уточнение формулировок традиционной теории, основанное на однозначном определении базирования как теоретического процесса совмещения координатных систем модели объекта производства и модели обрабатывающего комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием: ГОСТ 3.1702-79. – Введ. 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 32 с.
2. Балакшин, Б.С. Основы технологии машиностроения / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 560 с.
3. Режимы резания металлов / под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1970. – 408 с.
4. Справочник металлста: в 3 т. / под ред. Н.С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1966. Т. 3. – 812 с.
5. Сухиненко, Б.Н. Алгоритм проектирования технологического процесса / Б.Н. Сухиненко // Вестн. Витебск. гос. технолог. ун-та. – 2005. – № 8. – С. 100 – 103.
6. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 334 с.
7. Сухиненко, Б.Н. Диалоговое проектирование индивидуальных процессов механической обработки / Б.Н. Сухиненко [и др.] // Пути совершенствования технологических процессов в машиностроении. – Минск: Университетское, 1990. – С. 59 – 63.
8. Махаринский, Е.И. Рационализация описания продукта производства / Е.И. Махаринский, Б.Н. Сухиненко // Сб. тр. Витебск. гос. технолог. ун-та: в 2 ч. – 1995. Ч. 2. – С. 15 – 17.

Поступила 28.02.2007